

Aus dem Institut für Arbeits- und Sozial-Medizin
der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Professor Dr. med. H.Valentin)

Berufliche Bleibelastung durch Autoabgase in Großstadtstraßen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität

Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Heinz Mastall

aus

Vechta

D 29

1972 # 131

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Professor Dr. G. Koch
Referent: Priv. Doz. Dr. G. Lehnert
Korreferent: Professor Dr. H. Valentin

Tag der mündlichen Prüfung: 27. Januar 1972

Deutsche Medizinische Wochenschrift

Sonderdruck

Schriftleitung: F. Grosse-Brockhoff, Düsseldorf · H. Krauss, Freiburg/Br.
R. H. Rosie, Stuttgart · Georg Thieme Verlag, Stuttgart

95. Jahrgang

Stuttgart, 15. Mai 1970

Nr. 20, Seite 1097-1099

Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages gestattet

Berufliche Bleibelastung durch Autoabgase in Großstadtstraßen

G. Lehnert, H. Mastall, D. Szadkowski
und K.-H. Schaller

Institut für Arbeits- und Sozialmedizin der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Prof. Dr. H. Valentin)

Die außerberufliche Bleigefährdung der Gesamtbevölkerung infolge breitgestreuter Nutzung von Blei und Bleiverbindungen ist derzeit Gegenstand zahlreicher wissenschaftlicher Diskussionen.

Wichtigste Quelle einer außerberuflichen Bleikontamination bilden heute wegen der Verwendung von verbleiten Kraftfahrzeugtreibstoffen die Autoabgase. Blei wird in Form von Bleitetraäthyl oder Bleitetramethyl dem Treibstoff zugesetzt, um die Klopfestigkeit des Benzin zu erhöhen. In den USA werden für die Benzinverbleiung 18% der Bleiproduktion des Landes benötigt (5). Beim Verbrennungsvorgang werden die organischen Bleiverbindungen in anorganische überführt und entweichen zusammen mit anderen zum Teil hochtoxischen Auspuffgaskomponenten aus dem Motor. Dieser Bleiausstoß bedingt nicht nur eine Verunreinigung der Atmosphäre, sondern bewirkt durch seinen Niederschlag auch eine Verbleiung der Vegetation und eine Bleianreicherung im Straßenstaub (9). Dementsprechend konzentriert sich eine

derartige ökologische Verbleiung hauptsächlich auf Großstädte und industrielle Ballungszentren. Die mit den Autoabgasen immittierten Bleimengen werden zum Beispiel für Zürich auf 20 t jährlich (21), für Philadelphia sogar auf 0,5 t pro Tag (1) geschätzt. Hieraus resultiert eine außerberufliche Bleibelastung für weite Bevölkerungskreise. Neben den bisher der Bleiüberwachung unterliegenden Bleiberufen ist aber auch eine berufliche Bleigefährdung durch Umweltverschmutzung denkbar. Dies dürfte besonders für diejenigen Berufsgruppen zutreffen, die verkehrsreiche Straßen als Standort ihrer Berufsarbeit haben und somit durch die Atmosphäre und den Straßenstaub einer inhalativen Bleibelastung ausgesetzt sind.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Grad der so hervorgerufenen Bleilast und einer eventuellen Bleivergiftung bei beruflich entsprechend exponierten Kollektiven zu überprüfen. Dazu wurden bei Müll-Ladern und Straßenwärtern einer westdeutschen Großstadt Blutbleimesungen und Bestimmungen der δ -Aminolävulinsäure im Harn durchgeführt.

Probanden und Methodik

Bei 158 Beschäftigten des Fuhrparks der Stadt Frankfurt/Main (79 Müll-Ladern und 79 Straßenwärtern) wurden der Blutbleispiegel sowie die Ausscheidungsrate der δ -Aminolävulinsäure im Harn als empfindlicher und spezifischer Indikator einer Blei-Intoxikation bestimmt.

Zur Untersuchung wurden Probanden herangezogen, die überwiegend in der Innenstadt eingesetzt und in der Regel länger als fünf Jahre beim Fuhrpark beschäftigt waren. Das durchschnittliche Alter betrug in den beiden Teilkollektiven der Müll-Lader und Straßenwärter 43,9 ($s = 6,9$) bzw. 54,9 ($s = 9,3$) Jahre. Durch anamnestiche Erhebungen konnte ausgeschlossen werden, daß bei den Untersuchten früher ein anderweitiger beruflicher Kontakt mit Blei vorgelegen hatte.

Die Probanden kamen gegen 8.30 Uhr morgens, das heißt 2 $\frac{1}{2}$ bzw. 3 $\frac{1}{2}$ Stunden nach Arbeitsbeginn, zum Untersuchungsort. Im nüchternen Zustand wurde ihnen Blut mit Vakuumvenülen entnommen.

Die Bleibestimmungen im Blut erfolgten nach der von Lehnert und Mitarbeitern (10) angegebenen Methode. Bei diesem Verfahren wird die Blutprobe unter Zusatz eines hämolysierenden Emulgators homogenisiert. Das Schwermetall wird an Ammonium-Pyrrolidin-Dithiocarbamat ankomplexiert und in Methylisobutylketon extra-

Tab. 1. Mittelwerte und Standardabweichungen des Blutbleispiegels und der δ -Aminolävulinsäure-(ALA-)Ausscheidung im Harn für das Gesamtkollektiv sowie die beiden Gruppen der Straßenwärter und Müll-Lader

		Gesamtkollektiv	Müll-Lader	Straßenwärter
Pb (II) [$\mu\text{g}/100\text{ ml}$]	n	152	77	75
	$\bar{x}$	26,0	23,5	28,7
	s	12,3	12,1	12,2
ALA [mg/g Kreatinin]	n	144	73	71
	$\bar{x}$	12,0	11,7	12,2
	s	5,5	3,5	7,0

hiert. Anschließend wird atomabsorptionsspektrometrisch die Endpunktmessung durchgeführt.

Die Bestimmung der δ -Aminolävulinsäure im Harn erfolgte nach der von Grabecki und Mitarbeitern (4) entwickelten Methode. Deren Prinzip ist die Kondensierung der δ -Aminolävulinsäure mit Acetylaceton zu einem Pyrrolring, der mit p-Dimethylaminobenzaldehyd im sauren Milieu einen spektrophotometrisch nachweisbaren Farbkomplex bildet.

Da aus äußeren Gründen kein 24-Stunden-Harn gewonnen werden konnte, wurden die in den Urinproben gemessenen δ -Aminolävulinsäure-Konzentrationen auf den Kreatiningehalt bezogen und als mg δ -Aminolävulinsäure/g Kreatinin angegeben.

Neben der Berechnung von Mittelwerten und Standardabweichungen wurden die Ergebnisse varianzanalytisch, regressions- und korrelationsanalytisch aufgearbeitet. Methodische Einzelheiten finden sich bei Ostle (15) und Weber (20).

Ergebnisse

Die bei 158 Probanden errechneten Mittelwerte und Standardabweichungen der Blutbleikonzentrationen und der δ -Aminolävulinsäure-Ausscheidungen im Harn sind für das Gesamtkollektiv sowie für die beiden Gruppen (Straßenwärter, Müll-Lader) in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tab. 2. Varianzanalytischer Vergleich der hier untersuchten Kollektive gegen entsprechende Kontrollgruppen für den Blutbleispiegel und die δ -Aminolävulinsäure-(ALA-)Ausscheidung im Harn

	t_{Dunnett}	
	Pb (II)	ALA
Gesamtkollektiv	- 25,18755**	9,87933**
Straßenwärter	- 14,46922**	- 10,980401**
Müll-Lader	- 9,13636**	- 10,359458**

Diskussion

Die durchschnittlichen Blutbleispiegel des Gesamtkollektivs und beider Teilkollektive liegen varianzanalytisch hochsignifikant (Tabelle 2) über dem Mittelwert einer beruflich nicht bleibelasteten Kontrollgruppe ($n = 400$, $\bar{x} = 14,9 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, $s = 4,8 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ [8]).

Es kann somit als gesichert gelten, daß die hier untersuchten, in der Innenstadt Frankfurts beschäftigten Arbeiter einer stärkeren Bleibelastung unterliegen als die Allgemeinbevölkerung. Dabei ist die Bleiexposition der Straßenwärter nach einer Varianzanalyse im Tukey-Test statistisch signifikant höher als die der Müll-Lader ($t = 4,21411^{**}$). Als Erklärungsmöglichkeit hierfür bietet sich der engere Kontakt mit dem als wesentliche Kontaminationsquelle vermuteten bleihaltigen Straßenstaub an.

Nach neueren Vorstellungen kommt der einmaligen Blutbleibestimmung für die Beurteilung des Vergiftungsgrades keine hinreichende Aussagekraft zu (8). Bedeutsamer ist in diesem Zusammenhang die Höhe der δ -Aminolävulinsäure-Ausscheidung im Harn (11, 17). Bei den hier untersuchten Kollektiven zeigt sich eine varianzanalytisch gesichert höhere δ -Aminolävulinsäure-Ausscheidungsrate im Vergleich zu einem beruflich nicht bleibelasteten Kollektiv ($n = 86$, $\bar{x} = 4,33 \text{ mg/g Kreatinin}$, $s = 1,48$ [11]).

t^{**} : $p < 0,01$

Zwischen beiden Berufsgruppen läßt sich ein Unterschied für die δ -Aminolävulinsäure-Ausscheidung allerdings statistisch nicht sichern ($t = 0,6724$). Korrelationsanalytisch besteht bei dem hier untersuchten Kollektiv zwischen der δ -Aminolävulinsäure-Ausscheidung im Harn und der Höhe des Blutbleispiegels statistisch keine Abhängigkeit (Abbildung 1). Aufgrund dieses Phänomens sollte man eine mehr stoßförmige Bleibelastung vermuten (11).

Verglichen mit der Durchschnittsbevölkerung muß man bei den hier untersuchten Kollektiven eine zwar klinisch noch nicht manifeste, biochemisch aber bereits objektivierbare Bleivergiftung annehmen. Stützt man sich auf das heute in der praktischen Arbeitsmedizin angewandte Beurteilungsschema (12), so liegt die überwiegende Zahl der δ -Aminolävulinsäure-Werte in dem als akzeptabel anzusehenden Bereich (9,5–15 mg/g Kreatinin). Immerhin werden aber in fast 16% der Fälle δ -Aminolävulinsäure-Ausscheidungsrate erreicht, die arbeitsmedizinisch schon als gefährlich gelten müssen.

Die vergrößerte Bleilast der hier untersuchten Kollektive wird nicht, wie man annehmen könnte, durch das relativ hohe Durchschnittsalter der Probanden vorgetäuscht. In

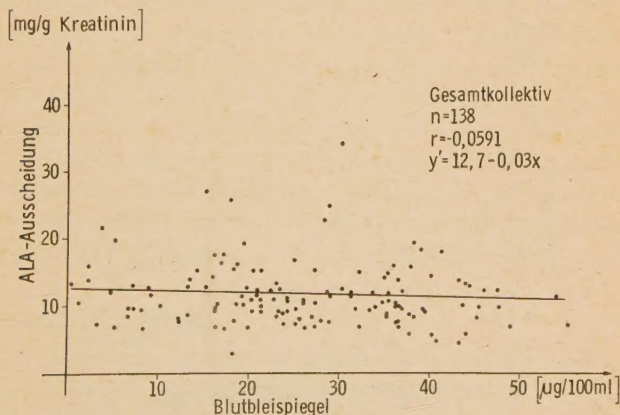


Abb. 1. Punkte-Korrelationsdiagramm über die Beziehung zwischen der δ -Aminolävulinsäure-(ALA)-Ausscheidung im Harn und der Höhe des Blutbleispiegels bei 138 Müll-Ladern und Straßenwärtern der Stadt Frankfurt/Main.

Übereinstimmung mit der Literatur (2, 6–8, 13, 16, 18) läßt sich nämlich korrelationsanalytisch eine Abhängigkeit des Blutbleispiegels vom Lebensalter nicht nachweisen (Müll-Lader: $r = -0,0031$, Straßenwärter: $r = 0,1517$). Ähnliches gilt für eine Beziehung zwischen Beschäftigungsdauer und Höhe des Blutbleispiegels (Abbildung 2 und 3).

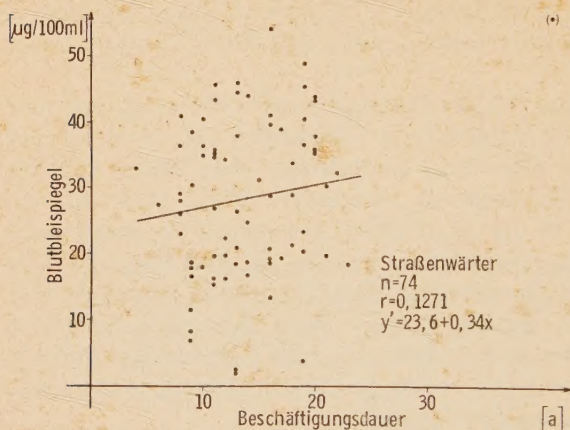


Abb. 2. Punkte-Korrelationsdiagramm über die Beziehung zwischen dem Blutbleispiegel und der Beschäftigungsdauer bei 75 Straßenwärttern der Stadt Frankfurt/Main. (·) als Extremwert bei der statistischen Analyse unberücksichtigt.

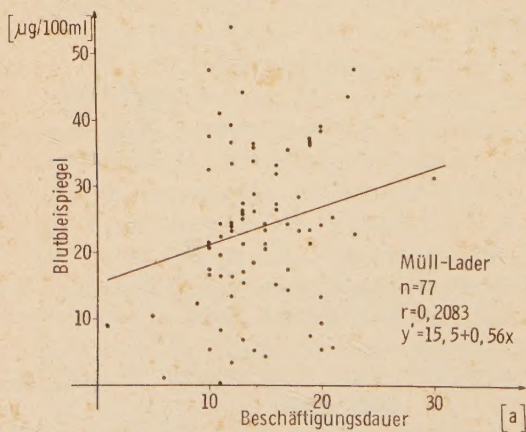


Abb. 3. Punkte-Korrelationsdiagramm über die Beziehung zwischen dem Blutbleispiegel und der Beschäftigungsdauer bei 77 Müll-Ladern der Stadt Frankfurt/Main.

Die Stadt Frankfurt ist eine der verkehrsreichsten Bezirke in der Bundesrepublik. Sie weist im Verhältnis zur Einwohnerzahl mit zur Zeit etwa 190 000 Autos die höchste Fahrzeugdichte auf. Nach den letzten Verkehrszählungen (1964) sind tagsüber mehr als 35 000 Kraftfahrzeuge pro Stunde im Stadtgebiet unterwegs. Es ist daher verständlich, wenn nach Heller und Kettner (5a) der Bleigehalt der Luft in einigen rheinischen Großstädten durchaus an den amerikanischen heranreicht. In Frankfurt wird eine Konzentrierung von Spurenstoffen in der bodennahen Luft infolge der orographischen Lage in der Flußsenke des Mains und im Windschatten des Taunus sowie der dichten und hohen Bebauung noch begünstigt (3).

Die hier vorgelegten Ergebnisse zeigen, daß diese ökologische Situation auch in der Bundesrepublik ähnlich wie in den USA (6, 13, 19) und in der Schweiz (14) bei bestimmten Personengruppen zu einer Erhöhung der Bleilast geführt hat. Aufgrund des jetzt erstmals eingesetzten Suchprogramms mit simultaner Bestimmung der δ -Aminolävulinsäure-Ausscheidung muß man zumindest in einzelnen Fällen einen biochemisch nicht mehr unbedenklichen Vergiftungsgrad annehmen. Dies gilt zunächst nur für die hier untersuchten, mit bleihaltigen Autoabgasen und Abgasniederschlägen besonders exponierten Personen. Für diese und ähnliche Berufsgruppen erscheint es daher sinnvoll, wie bei den klassischen Bleiberufen regelmäßig Überwachungsuntersuchungen durchzuführen. Um das gesundheitliche Risiko durch eine Verbleiung von Kraftfahrzeugtreibstoffen für die Allgemeinheit abschätzen zu können, sind weitere epidemiologische Untersuchungen in anderen Bezirken und Bevölkerungsschichten erforderlich.

Zusammenfassung

Aus der Verwendung von verbleiten Kraftfahrzeugtreibstoffen ergibt sich eine Bleibelastung weiter Bevölkerungsteile. In Großstadtstraßen kommt es für einige Tätigkeitsbereiche auch zu beruflicher Bleiexposition. Ob sie zu Gesundheitsschäden führt, sollte an 79 Müll-Ladern und 79 Straßenwärtern in Frankfurt/Main geprüft werden. Be-

stimmungen des Blutbleispiegels und der δ -Aminolävulin-säure-Ausscheidung im Harn brachten folgende statistisch gesicherte Ergebnisse: 1. Beide Berufsgruppen weisen eine größere Bleilast auf als die Allgemeinbevölkerung. 2. Der mittlere Blutbleispiegel liegt bei Straßenwärtern höher als der bei Müll-Ladern. 3. Der Vergiftungsgrad ist aufgrund der Ausscheidung von δ -Aminolävulinsäure im Harn bei 16% der Untersuchten arbeitsmedizinisch als nicht mehr akzeptabel anzusehen. In Anbetracht dieser Ergebnisse erscheinen regelmäßige Überwachungsuntersuchungen bei diesen und ähnlichen Berufsgruppen erforderlich.

Summary

Occupational exposure to lead from car exhausts in the streets of large cities

Car exhausts are responsible for an increased lead content in the air of metropolitan districts. Some especially exposed occupations include dustmen and street-cleaners. Seventy-nine of the former and 79 of the latter had their blood-lead levels and δ -aminolaevulinic-acid excretion in urine tested. (1) Both groups had a higher lead-load than the general population; (2) mean blood-lead levels were higher among street-cleaners than dustmen; (3) levels of δ -aminolevulinic acid in urine were above acceptable limits in 16% of the tested subjects. The need for serial controls in especially exposed occupational groups is stressed.

Literatur:

- (1) Blemel, K. G.: Atmospheric lead concentrations as a function of meteorology. Arch. environm. Hlth 14 (1967), 594.
- (2) Butt, E. M., R. E. Nusbaum, T. C. Gilmour, S. L. Dido: Trace metal levels in human serum and blood. Arch. environm. Hlth 8 (1964), 60.
- (3) Georgii, H.-W., E. Busch, E. Weber: Untersuchung über die zeitliche und räumliche Verteilung der Immissions-Konzentration des Kohlenmonoxid in Frankfurt am Main (Frankfurt 1967).
- (4) Grabecki, I., T. Haduch, H. Urbanowicz: Die einfachen Bestimmungs-methoden der δ -Aminolävulinsäure im Harn. Int. Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg. 23 (1967), 226.
- (5) Haley, Th. J.: Chronic lead intoxication from environmental contamination: myth or fact? Arch. environm. Hlth 12 (1966), 781.
- (5a) Heller, A., H. Kettner: Probenahme und Bestimmung kleinster Bleimengen in der Luft. Schriftenreihe d. Vereins f. Wasser-, Boden- und Lufthygiene, H. 29 (1969), 3.
- (6) Hofreuter, D. H., E. J. Catcott, R. G. Keenan, C. Xintaras: The public health significance of atmospheric lead. Arch. environm. Hlth 3 (1961), 568.
- (7) Holmqvist, J.: Normal lead values in blood. 15. Int. Kongreß f. Arbeitsmed., Wien 1966.
- (8) Lehnert, G.: Der Blutbleispiegel und seine Bedeutung für die Pathogenese und Prävention der beruflich bedingten Bleivergiftung (Stuttgart 1968).
- (9) Lehnert, G.: Bleibenzin – ein ökologisches Gift? Arch. Hyg. (Berl.) 152 (1968), 559.
- (10) Lehnert, G., K.-H. Schaller, D. Szadkowski: Eine zuverlässige Schnell-methode zur Bleibestimmung in kleinen Blutmengen. Z. klin. Chem. 7 (1969), 310.

- (11) Lehnert, G., Ch. Kade, D. Szadkowski, K.-H. Schaller: Praktikabilität, Zuverlässigkeit und Dignität der Hämvorläuferbestimmung bei der Überwachung Bleiexponierter. *Int. Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg.* 25 (1969), 267.
- (12) Lehnert, G., K.-H. Schaller, D. Szadkowski: Diagnose und Therapie der industriellen Bleivergiftung. *Med. Mschr.* 24 (1970), 51.
- (13) Ludwig, J. H., D. R. Diggs, H. E. Hesselberg, J. A. Maga: Survey of lead in the atmosphere of three urban communities: a summary. *Amer. Industr. Hyg. Ass. J.* 26 (1965), 270.
- (14) Lob, M.: A propos de la benzine au plomb. II. Étude comparative de la plombémie, de la plomburie et de la porphyrinurie chez divers groupes de la population lausannoise (employés de bureau, garagistes, agents de police). *Rev. méd. prév.* 10 (1965), 172.
- (15) Ostle, B.: *Statistics in Research*. 2nd Ed. (Ames/Iowa 1966).
- (16) Sawyer, R. A., R. W. Wagoner, A. A. Erickson: Statistical study of lead in human blood and urine. *Proc. 7th Summer Conf. on Spectroscopy and its Applications* (New York 1940).
- (17) Schaller, K.-H., G. Lehnert, D. Szadkowski: Praxisgerechte δ -Aminolävulinsäurebestimmung im Harn. *Arbeitsmed. Sozialmed. Arbeitshyg.* 4 (1969), 329.
- (18) Tahir, H. A., M. A. Dahi, H. M. Samra: Normal lead in tissues, urine, and blood of Egyptian individuals. *J. Egypt. med. Ass.* 40 (1957), 491.
- (19) Thomas, H. V., B. K. Milmore, G. A. Heidbreder, B. A. Kogan: Blood lead of persons living near freeways. *Arch. environm. Hlth* 15 (1967), 695.
- (20) Weber, E.: *Grundriß der Biologischen Statistik* (Stuttgart 1967).
- (21) Wiethaupt, H.: Zum Anteil der Autoabgase an der Luftverunreinigung. *Med. Klin.* 63 (1968), 1088.

Privatdozent Dr. G. Lehnert; cand. med. H. Mastall;
 Dr. D. Szadkowski; Chemie-Ing. K.-H. Schaller
 Institut für Arbeits- und Sozialmedizin der Universität
 852 Erlangen, Schillerstr. 25

Lebenslauf

Am 28. Mai 1945 wurde ich, Heinz Mastall, als Sohn des Tierarztes Dr. med. vet. Heinrich Mastall und seiner Ehefrau Auguste, geb. Stichnothe, in Vechta geboren.

Von 1951 bis 1956 besuchte ich die Volksschule in Vechta, anschließend das dortige humanistische Gymnasium. die Reifeprüfung legte ich 1966 am humanistischen Gymnasium in Oldenburg ab.

Im Sommersemester 1966 begann ich das Medizinstudium an der Friedrich-Alexander-Universität in Erlangen und bestand hier am 7. August 1968 die ärztliche Vorprüfung.

Das medizinische Staatsexamen legte ich im Januar 1972 in Erlangen ab.

Erlangen, den 27. Januar 1972

Heinz Mastall

